

**ZONOGRAPHISCHE SCHICHT-RÖNTGENUNTERSUCHUNGEN DES
MITTELGESICHTES AM MENSCHLICHEN KOPFPRÄPARAT**

Robert Wimmer
Altreichenau
1987

**Aus der Abteilung für zahnärztliche Röntgenologie
der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität München**

Vorstand: Prof. Dr. Dr. H.-H. GRASSER

**ZONOGRAPHISCHE SCHICHT-RÖNTGENUNTERSUCHUNGEN DES
MITTELGESICHTES AM MENSCHLICHEN KOPFPRÄPARAT**

**Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München**

**vorgelegt von
Robert Wimmer**

aus

Altreichenau

1987

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München**

Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. H.-H. GRASSER

Mitberichterstatter: 1. Prof. Dr. U. WELSCH
2. Prof. Dr. J. LISSNER

**Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter:** Dr. Dr. H.-H. BARTH

Dekan: Prof. Dr. W. SPANN

Tag der mündlichen Prüfung: 24.03.1987

Inhaltsverzeichnis	
1. Einleitung	1
2. Die Entwicklung der Kunst	2
3. Die Kunst der Gegenwart	3
4. Die Kunst der Zukunft	4
5. Die Kunst der Vergangenheit	5
6. Die Kunst der Gegenwart	6
7. Die Kunst der Zukunft	7
8. Die Kunst der Vergangenheit	8
9. Die Kunst der Gegenwart	9
10. Die Kunst der Zukunft	10
11. Die Kunst der Vergangenheit	11
12. Die Kunst der Gegenwart	12
13. Die Kunst der Zukunft	13
14. Die Kunst der Vergangenheit	14
15. Die Kunst der Gegenwart	15
16. Die Kunst der Zukunft	16
17. Die Kunst der Vergangenheit	17
18. Die Kunst der Gegenwart	18
19. Die Kunst der Zukunft	19
20. Die Kunst der Vergangenheit	20
21. Die Kunst der Gegenwart	21
22. Die Kunst der Zukunft	22
23. Die Kunst der Vergangenheit	23
24. Die Kunst der Gegenwart	24
25. Die Kunst der Zukunft	25
26. Die Kunst der Vergangenheit	26
27. Die Kunst der Gegenwart	27
28. Die Kunst der Zukunft	28
29. Die Kunst der Vergangenheit	29
30. Die Kunst der Gegenwart	30
31. Die Kunst der Zukunft	31
32. Die Kunst der Vergangenheit	32
33. Die Kunst der Gegenwart	33
34. Die Kunst der Zukunft	34
35. Die Kunst der Vergangenheit	35
36. Die Kunst der Gegenwart	36
37. Die Kunst der Zukunft	37
38. Die Kunst der Vergangenheit	38
39. Die Kunst der Gegenwart	39
40. Die Kunst der Zukunft	40
41. Die Kunst der Vergangenheit	41
42. Die Kunst der Gegenwart	42
43. Die Kunst der Zukunft	43
44. Die Kunst der Vergangenheit	44
45. Die Kunst der Gegenwart	45
46. Die Kunst der Zukunft	46
47. Die Kunst der Vergangenheit	47
48. Die Kunst der Gegenwart	48
49. Die Kunst der Zukunft	49
50. Die Kunst der Vergangenheit	50
51. Die Kunst der Gegenwart	51
52. Die Kunst der Zukunft	52
53. Die Kunst der Vergangenheit	53
54. Die Kunst der Gegenwart	54
55. Die Kunst der Zukunft	55
56. Die Kunst der Vergangenheit	56
57. Die Kunst der Gegenwart	57
58. Die Kunst der Zukunft	58
59. Die Kunst der Vergangenheit	59
60. Die Kunst der Gegenwart	60
61. Die Kunst der Zukunft	61
62. Die Kunst der Vergangenheit	62
63. Die Kunst der Gegenwart	63
64. Die Kunst der Zukunft	64
65. Die Kunst der Vergangenheit	65
66. Die Kunst der Gegenwart	66
67. Die Kunst der Zukunft	67
68. Die Kunst der Vergangenheit	68
69. Die Kunst der Gegenwart	69
70. Die Kunst der Zukunft	70
71. Die Kunst der Vergangenheit	71
72. Die Kunst der Gegenwart	72
73. Die Kunst der Zukunft	73
74. Die Kunst der Vergangenheit	74
75. Die Kunst der Gegenwart	75
76. Die Kunst der Zukunft	76
77. Die Kunst der Vergangenheit	77
78. Die Kunst der Gegenwart	78
79. Die Kunst der Zukunft	79
80. Die Kunst der Vergangenheit	80
81. Die Kunst der Gegenwart	81
82. Die Kunst der Zukunft	82
83. Die Kunst der Vergangenheit	83
84. Die Kunst der Gegenwart	84
85. Die Kunst der Zukunft	85
86. Die Kunst der Vergangenheit	86
87. Die Kunst der Gegenwart	87
88. Die Kunst der Zukunft	88
89. Die Kunst der Vergangenheit	89
90. Die Kunst der Gegenwart	90
91. Die Kunst der Zukunft	91
92. Die Kunst der Vergangenheit	92
93. Die Kunst der Gegenwart	93
94. Die Kunst der Zukunft	94
95. Die Kunst der Vergangenheit	95
96. Die Kunst der Gegenwart	96
97. Die Kunst der Zukunft	97
98. Die Kunst der Vergangenheit	98
99. Die Kunst der Gegenwart	99
100. Die Kunst der Zukunft	100

Meinen Eltern, meiner Verlobten und
meiner früheren Lehrerin, Frau Schmid,
gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554822_0057

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Problemstellung	5
2	Literaturübersicht	7
2.1	Kurzer Abriß der Röntgenologie	7
2.2	Entwicklung der Zonographie	12
2.3	Derzeitiger Stand der Zonographie	14
3	Material und Methode	17
3.1	Untersuchungen am Ganzkopf-Präparat	18
3.2	Untersuchungen am halbierten Kopfpräparat	22
4	Ergebnisse	24
4.1	Erzielte Einstellwerte am Ganzkopf-Präparat	24
4.2	Ergebnisse am Halbkopf-Präparat	29
4.2.1	Überlagerungsdarstellung der bildgebenden Kopfhälfte auf die Gegenseite des Filmes	31
4.2.2	Darstellung der verschiedenen inkorporierten Fremdkörper	31
4.3	Empfehlungen zu Einstellwerten bei anatomischen Kopfvarianten	35
5	Diskussion und Schlußfolgerung	37
5.1	Vergleich herkömmlicher Röntgentechniken des Mittelgesichtes mit der Zonographie (MT-Programm)	37
5.2	Vergleichsbetrachtungen zur zonographischen Dünn- und Dickschichtwahl	39
5.3	Schichtvariation und Kopfgröße	41
5.4	Patientenpositionierung	43
6	Zusammenfassung	45
	Literaturverzeichnis	48

1 Einleitung und Problemstellung

Seit Beginn der klinischen Testung der Zonographie Anfang der 80er Jahre sind eine Reihe von Vergleichs- und Spezialuntersuchungen durchgeführt worden. Dabei zeigte sich, daß das Verfahren, mit dessen Hilfe verschiedene Gewebeschichten des Kopfes dargestellt werden können, für die Beurteilung von Mittelgesichtsstrukturen gut einsetzbar ist.

Erste eigene klinische Erfahrungen machten deutlich, daß die Mittelgesichtszonogramme nur bedingt mit herkömmlichen Röntgenbildern, die mit okzipito-mentalem Strahlengang angefertigt werden, vergleichbar sind.

Angeregt durch gelegentliche zonographische Mißerfolge, die sich in schlechter Bildqualität äußerten, und bei denen sich die Fehlerquelle nicht sicher feststellen ließ, wurden Feineinstellungsuntersuchungen durchgeführt. Da aus Gründen der Strahlenexposition die Tests nicht am lebenden Menschen vorgenommen werden konnten, wurden zwei anatomische Kopfpräparate, die sich deutlich voneinander unterschieden, zu Hilfe genommen. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, anhand dieser Kopfpräparate detaillierte, diffizile Einstellungen vorzunehmen und zu dokumentieren, um Richtlinien für Schichtwahl und Einstellung bei der Mittelgesichtszonographie zu definieren.

Da bei Traumen im Kiefer- und Gesichtsbereich gelegentlich Fremdkörper aus verschiedenen Materialien in Knochen, Weichteile und anatomisch präformierte Höhlen versprengt werden,

wurden die Röntgenuntersuchungen auf die Darstellungsmöglichkeiten solcher inkorporierter Gegenstände ausgedehnt, um festzustellen, wie sie sich an verschiedenen anatomischen Stellen abbilden.

2 Literaturübersicht

2.1 Kurzer Abriß der Röntgenologie

Bei Versuchen mit der Hittsdorf-Vakuumpumpe und den Lenard- und Crooke-Entladungsapparaten entdeckte W. C. RÖNTGEN im Dezember 1895 die "X-Strahlen", was eine revolutionierende Erweiterung der Diagnostik und Therapie für die Medizin, wenig später auch für die Zahnmedizin mit sich brachte.

Nur wenige Tage nach der Darstellung der Hand des Anatomen KÖLLIKER durch RÖNTGEN sah sich im Februar 1896, also vor mittlerweile 90 Jahren, der in Braunschweig praktizierende Zahnarzt WALKHOFF zu den ersten Zahn-Röntgenaufnahmen veranlaßt. Die weitere Entwicklung der Röntgenologie kann oder besser muß in Abhängigkeit der Konstruktion und Weiterentwicklung der Röntgenröhre betrachtet werden (30).

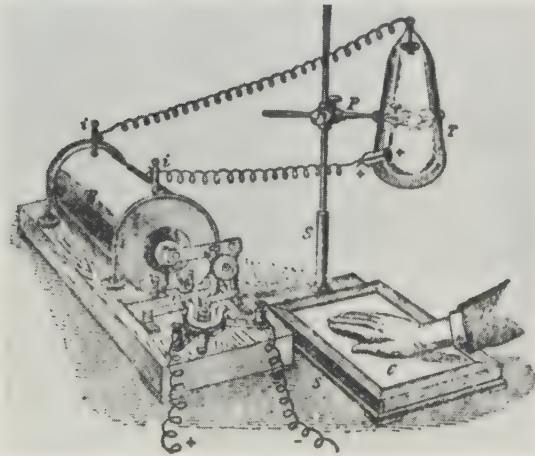


Abb. 2.1

RÖNTGENS Versuchsanordnung zur Abbildung des Handskeletts

So kam man bei der Suche nach belastbarem und dauerhaftem Antikathodenmaterial schon bald über das Platin (1896) zum Wolfram (1912/1913). Besonders auch für die Zahnmedizin bedeutend war die Entwicklung einer gasfreien Elektronen-Röntgenröhre durch LILIENFELD (1912) und COOLIDGE (1913) anstatt der herkömmlichen gashaltigen Ionenröntgenröhren.

Das "Dentalstativ"-Konstruktionsprinzip nach GARRETSON (1917) kann als erster Dental-Röntgenapparat angesehen werden. Er brachte eine völlige Umwälzung der Aufnahmetechnik mit sich und machte die Röntgenapparatur zum Allgemeingut in der zahnärztlichen Praxis. Als Gründe dafür sind ein vereinfachter Aufnahmebetrieb, eine hohe Kostensenkung, wesentlich geringere Expositionszeiten und nicht zuletzt eine erhebliche Erleichterung der Aufnahmetechnik anzuführen.

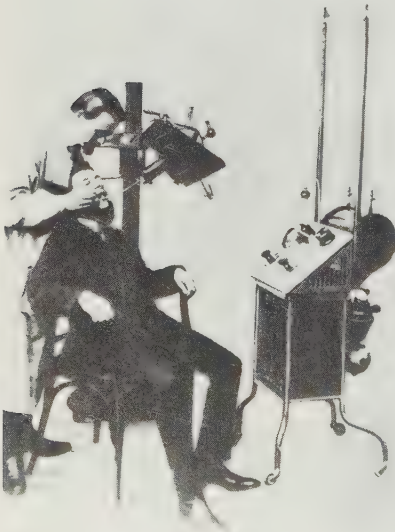


Abb. 2.2

Röntgendiagnostik
(schon mit Röhren-
stativ), ca. 1915

Durch den Zusammenbau von Transformator und Röntgenröhre beim Victor C. D. X. Dental Roentgen-Ray Unit (1920) war das Problem der Gefährdung von Patienten und Personal durch Hochspannungsfreileitungen aus der Welt geschafft. Den ständig wachsenden Ansprüchen an die Leistungsfähigkeit der Röntgenröhre bei optimaler optischer Qualität wurde das Drehanodenprinzip nach E. POHL (1928) gerecht.

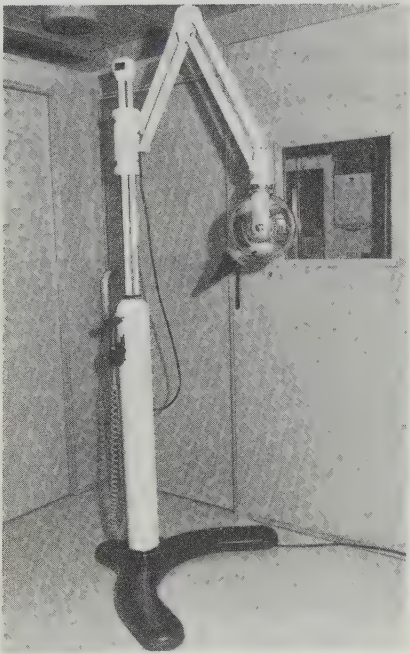


Abb. 2.3

Die legendäre Siemens
Röntgenkugel SWR

Das Prinzip der konzentrischen Röhrenführung nach BALTERS (1925) führte zu einer gewissen Normierung der zahnärztlichen Röntgentechnik, da die Änderung des Einfallswinkels des Haupt-

strahles zur aufzunehmenden Zahnachse mit der Umstellung eines Gelenkes möglich war (30).

Eine neue Ära der zahnärztlichen Röntgenologie begann mit der Entwicklung von Langtubussen zur Fernaufnahmetechnik unmittelbar nach dem 2. Weltkrieg (1947 - 1950).

Was die Entwicklung verschiedener Röntgentechniken betrifft, ließe sich die Liste mit CIESZYNSKI, PARMA, SCHÜLLER, LE MASTER, BERNKLAU und CLEMENTSCHITSCH sicherlich noch beliebig erweitern.

Zur Thematik der Filmfixierung wird die Methode nach DIECK (1911) - der Behandler hält den Film im Patientenmund - heute nicht mehr praktiziert, während der Vorschlag von PORDES (1919) - der Patient fixiert den Film mit dem Finger selbst - noch immer Anwendung findet.

Aufgrund der Tatsache, daß "Bewegungsunruhe Bewegungsunschärfe erzeugt" (30), sind diverse Materialien und Konstruktionen mit dem Ziel einer Filmapplikation mittels eines Filmhalters seit Entdeckung der Röntgenstrahlen bis in die heutige Zeit diskutiert worden.

Der Gedanke an die Notwendigkeit eines Strahlenschutzes für Patienten und Personal ist nahezu so alt wie die Nutzung der Röntgenstrahlen selbst, wenn auch in den Jahren um die Jahrhundertwende äußerst unbefriedigend. Der erste große technische Schritt war die Entwicklung einer Röntgenröhre mit Bleiglaswandung und strahlendurchlässigem Glasfenster (COOLIDGE, 1912). In der Folgezeit haben verschiedene Autoren immer wieder auf die Gefährlichkeit der Röntgenstrahlung ohne Strahlenschutzvorrichtungen und auf notwendige Verbesserungen des

Strahlenschutzes hingewiesen. Heute gewährleisten die Verwendung von Flachtubussen, der Einsatz von Blenden und die Entwicklung von Verstärkerfolien seitens der Industrie eine möglichst geringe Strahlenbelastung für Personal und Patienten (6, 13, 14, 26). Außerdem existieren Vorschriften und Hinweise bezüglich der Verwendung von Bleischürzen, zur Röntgengerätpositionierung, zum Aufenthalt in Kontroll- und Überwachungsbereichen, zu Dosismessungen u. a. m.

Diese Strahlenschutzverordnungen und -richtlinien finden in der Bundesrepublik ihre gesetzliche Verankerung in den Röntgenverordnungen vom 01.09.1973 und vom 13.10.1976. Zum weiteren Studium sei auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen (27, 30).

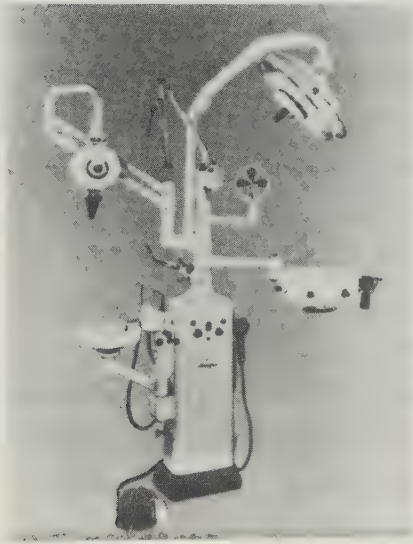


Abb. 2.4

In die Behandlungseinheit integrierte Röntgenkugel (Anfang der 50er Jahre)

Eine weitere Revolution im Bereich der Röntgendiagnostik war schließlich die Einführung der Computer-Tomographie im Jahre 1972 durch AMBROSE und HOUNSFIELD.

Die in den letzten Jahren vieldiskutierte Kernspin-Tomographie konnte sich, trotz einiger Erfolge, nicht zuletzt wegen der äußerst hohen Gerät- und Aufnahmekosten noch nicht durchsetzen (25).

Die moderne, wissenschaftliche Zahnheilkunde kann ohne die Röntgenologie nicht mehr existieren. Längst ist der Schmerz nicht mehr das alleinige Kriterium für eine Erkrankung. Die Effizienz von Wurzelbehandlungen stieg durch die Möglichkeit von Meß- und Kontrollaufnahmen rapide an. Nicht nur in der Endodontie, sondern auch in der Chirurgie genießt die Röntgenologie einen besonderen Stellenwert: es sei nur auf die Erkennung und oftmalige Strahlenbehandlung von schmerzlosen, malignen und destruierenden Tumoren verwiesen oder auch auf die Diagnose von Kieferfrakturen mit gezielter Ruhigstellung der Fragmente unter Einsatz der Röntgenologie.

2.2 Entwicklung der Zonographie

Die Idee, Röntgenaufnahmen mittels einer Metallblende, die einen Schlitz aufweist, der während der Belichtung des Filmes so abläuft, daß alle Abschnitte sukzessive belichtet werden, findet in der Literatur bereits 1903 durch PASCHE Erwähnung. Im Jahre 1922 haben ZULAUF und SMATERS ein ähnliches Prinzip, das aber offenbar nicht oder nur unvollständig ausgereift war, zum Patent angemeldet (21).

Erstmals effektiv verwirklicht wurde das Prinzip der orthograden Abbildung und der Beseitigung von Streustrahlen mittels Schlitzblende 1947 und den darauffolgenden Jahren durch den Zahnarzt PAATERO. Er entwickelte zu dieser Schlitztechnik ein Panorama-Schichtaufnahmeverfahren, mit dem bestimmte Gewebsschichten des Kopfes scharf und - im Gegensatz zum Summationsbild - überlagerungsfrei von nicht interessierenden Einzelheiten abgebildet werden. Objektpunkte ober- oder unterhalb der gewünschten Schichtebene werden im Kontrast wesentlich herabgesetzt, unterbelichtet und verwischt.

Somit stand das Prinzip der Panorama-Zonographie, welche sich statt der drei Rotationszentren der Orthopantomographie auf eines beschränkt, bereits in Grundzügen, auch wenn in der Folgezeit noch Variationen und Verbesserungen vorgenommen wurden. So wurde die Kassette kreisförmig gekrümmt, auch kam man von den ersten Ausführungen PAATEROs ab, bei der Röntgenröhre und Blende fest waren, während der Patient gedreht und die Kassette verschoben wurde. Heute ruht der Patient, während ihn Röhre und Filmkassette in einer koordinierten Bewegung umkreisen; der Effekt ist in beiden Fällen der gleiche.

Die Zonographie, eine Schichtuntersuchungsmethode mit kleinem Pendelwinkel (im allgemeinen $5 - 8^{\circ}$) hat in den letzten zehn Jahren vor allem in Notfallzentren und Universitätskliniken Eingang gefunden.

2.3 Derzeitiger Stand der Zonographie

Die Zonographie ermöglicht dank vieler Verbesserungen und Weiterentwicklungen heute gekrümmte Schichtaufnahmen - dem Zahnbogen und Gesichtsskelett entsprechend - sowohl in wählbarer Schichttiefe als auch mit variierbarer Schichtdicke. Mehrere Autoren haben unterschiedliche Untersuchungen zur Zonographie angestellt, wobei das Gerät Zonarc der finnischen Firma Palomex (4) verwendet wurde. Die Verwendung eines Gerätetypes bei verschiedenen Fragestellungen läßt vergleichbare und eindeutige Rückschlüsse auf die Verwendbarkeit bei unterschiedlichen klinischen Fällen zu.

Im August 1983 veröffentlichte PAUKKU e. a. (23) die Ergebnisse einer dosimetrischen Untersuchung, bei der die Strahlendosis für verschiedene Organe und die Hautoberflächendosis bei Röntgenaufnahmen der Kiefer und des Gesichtsskeletts gemessen wurden. Deutlich am höchsten lagen die Strahlendosen bei der Lineartomographie, relativ hoch auch bei der Blattfilm-Aufnahmetechnik, während sie - im Vergleich zu den herkömmlichen Techniken - bei der Panorama-Zonographie minimal waren (23).

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen ALTONEN e. a. (1) im Jahre 1974 bei einer Vergleichsstudie hinsichtlich der Strahlendosen beim Pantomographen, Panorex, Status X und konventionellen Röntgengeräten.

Zum Einsatz der Panorama-Zonographie bei verschiedenen klinischen Fragestellungen vertritt BARIATTI (3) bei Röntgenaufnahmen der Kiefergelenke die Meinung, daß die Panorama-Zonographie

mit anderen geeigneten Aufnahmetechniken qualitativ gleichwertig ist, daß sie allerdings wegen der Wiederholbarkeit der Aufnahmen in gleicher Position dank der Lichtlinienprojektion sogar den Vorzug erhalten sollte (3).

Auf der Suche nach Verbesserungen der röntgenologischen Frakturdiagnose im Bereich der Handwurzel kam 1984 TÖTTERMANN zu dem Ergebnis, daß die Panorama-Zonographie auf diesem Gebiet keine neuen Aufschlüsse bringen kann (29).

Bei Röntgenuntersuchungen des Mittel- und Innenohres stellten HALLIKAINEN e. a. (11) 1983 fest, daß im Vergleich zur Blattfilm-Technik bei der Panorama-Zonographie die Detailerkennbarkeit anatomischer Strukturen nahezu ausnahmslos besser sei. Als brauchbar erwies sich den klinischen Studien von MATTILA e. a. (15) zufolge die Panorama-Zonographie auch bei der Arteriographie im Kiefer- und Gesichtsbereich.

Unter dem Gesichtspunkt der Erkennbarkeit anatomischer Strukturen des Gesichtsskeletts verglichen 1983 PAUKKU e. a. (22) die Panorama-Zonographie mit der Linear-Tomographie. Dabei bewerteten vier Radiologen unabhängig voneinander jeweils beide Röntgenaufnahmen in 51 klinischen Fällen. Lediglich die mediale Orbitawand kam bei der Panorama-Zonographie schlechter zur Darstellung, ansonsten war sie der Linear-Tomographie meist überlegen, zumindest aber gleichwertig (22).

MOILANEN und PITKÄNEN (18) untersuchten zwischen November 1981 und Dezember 1982 in mehr als 500 Fällen die Verwendbarkeit der Panorama-Zonographie im Bereich des Gesichtsschädels und der oberen Halswirbelsäule. In mehr als 80 % der Fälle wurden die Untersuchungen mit dem Zonarc als "exzellent bis gut" (18)

bezeichnet, in den restlichen Fällen als unbefriedigend und für eine sichere Diagnose nicht ausreichend informativ. Besonders gute Ergebnisse erzielte MOILANEN im Bereich des Mittelgesichtes, der oberen Halswirbelsäule und bei Frakturen des Ober- und Unterkiefers (16, 18). Nicht zu Unrecht verweist MOILANEN aber auch auf die schwierige, zeitaufwendige Kopfpositionierung bei dieser Aufnahmetechnik.

Mit dem Bogenschichtgerät Zonarc können folglich - durch Wahl der entsprechenden Programme auf der Basis mikroelektronischer Technik - ohne Umlagerung des liegenden Patienten Aufnahmen aller relevanten Gewebeschichten des Gesichtskieferbereiches bis zur Halswirbelsäule angefertigt werden.

Für den Kiefer- und Gesichtsbereich gilt der Zonarc als das derzeit modernste Schichtröntgengerät.

3 Material und Methode

Nach Zusammenstellung und gründlichem Studium der Literatur wurden im März und April 1985 die Untersuchungen über einen Zeitraum von vier Wochen in der Abteilung für zahnärztliche Röntgenologie (Leiter: Prof. Dr. Dr. GRASSER) der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität München durchgeführt.

Dabei wurden ein kompletter und ein in der sagittalen Mittellinie geteilter natürlicher Kopf für die Untersuchungen verwendet.*

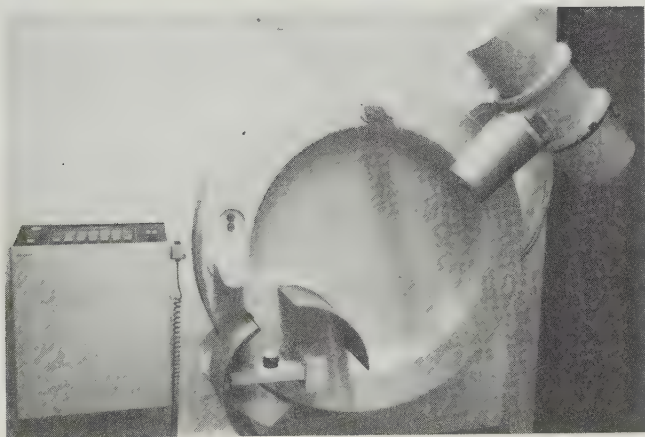


Abb. 3.1
Zonarc-
Röntgengerät

Als Testgerät kam das Zonarc-Röntgengerät der finnischen Firma Palomex (4), bestehend aus Bedienpult, Aufnahmegerät mit

* Ich bedanke mich an dieser Stelle bei Herrn Vorstand des Anatomischen Institutes der Universität München, H. FRICK, für die freundliche Überlassung der anatomischen Präparate.

Spezialschlitzblende, Spezialkassette und Patientenlagerungstisch, zur Anwendung: Der Zonarc ermöglicht mit seinen Standardprogrammen Bogen- und Linearschichtaufnahmen im Schädelbereich und der Halswirbelsäule.

Bei den verwendeten Filmkassetten handelte es sich um gekrümmte Aluminiumkassetten, bei den Verstärkerfolien um den Typ "Spezial" (CaWo_4). Als Film fand der Cronex 4 (Format: 15 x 30 cm) der Firma DuPont Verwendung.

Alle angefertigten Röntgenbilder wurden unter identischen Bedingungen (gleiche Arbeitstemperatur, Entwicklerflüssigkeit, Fixierbad und Durchlaufdauer) in einer automatischen Entwicklungsmaschine entwickelt und fixiert.

Die bei den Untersuchungen fixen Einstellungswerte sowie die variierten Parameter können der Abbildung 3.4 entnommen werden.

3.1 Untersuchungen am Ganzkopf-Präparat

Der erste Untersuchungsgang fand mit dem Ganzschädel-Präparat statt. Der abgetrennte Leichenkopf wurde wie folgt positioniert (Abb. 3.2 und 3.3), wobei diese Grundposition bei allen anschließenden Röntgenaufnahmen unverändert als bleibende Basis Verwendung fand.

1. Kalottenspitze des Kopfpräparates schließt mit Kopfstützenende ab
2. Fixierung des Kopfes mit Klebeband
3. Einschalten der Lichtlinienprojektoren
4. Einstellung des Aufnahmefeldes anhand der Feldlinien (FL)
5. Einstellung der Mittellinie (ML)
6. Einstellung der Vertikallinie (VL)
7. Einstellung der Horizontallinie (HL)
8. Testlauf ohne Strahlung
9. Abschließende Kontrolle der Positionierung

Tab. 3.1

Grundregeln der Positionierung des Patientenkopfes bei Mittelf Gesichtsaufnahmen mit dem Zonarc

FL - Feldlinien	VL - Vertikallinie
ML - Mittellinie	HL - Horizontallinie

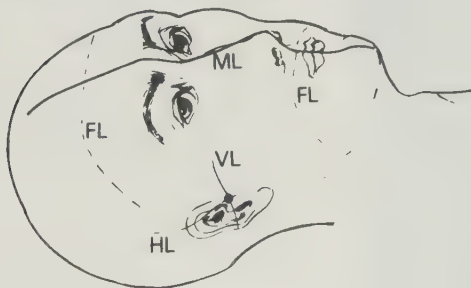


Abb. 3.2

Schematische Darstellung der Einstellung anhand der optisch sichtbaren Linien (4, modifiziert)

Für die Lichtlinieneinstellung stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- schwimmende Tischplatte
- Handkurbel an der Kopfstütze
- Höhenverstellung der Rotationseinheit

Durch Verschieben der schwimmenden Tischplatte kann man die korrekte Einstellung der Feldlinien für das Aufnahmefeld sowie der Mittellinie erreichen.

Die Neigung der Kopfstütze kann mit der Handkurbel derart eingestellt werden, daß der Orbitaboden vertikal zu liegen kommt und die Vertikallinie durch den Infraorbitalpunkt verläuft. Damit die Horizontallinie durch den äußeren Gehörgang läuft, kann eine Höhenverstellung der Rotationseinheit vorgenommen werden.

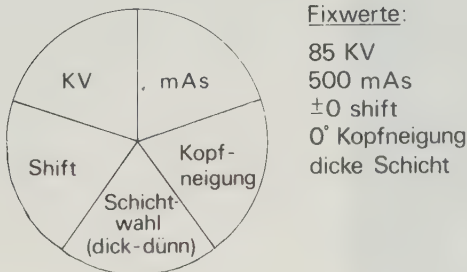


Abb. 3.3

Ganzschädel-Präparat
bei den zonographi-
schen Schichteinstellungen

In bezug auf technische Einstellungsmöglichkeiten bietet der Zonarc eine Vielzahl an Variablen. Ausgehend von den Basiswerten (85 kV, 500 mAs), von der Firma Palomex empfohlen und im klinischen Betrieb übernommen, wurden verschiedene Röntgenaufnahmen mit Variation der Kopfneigung, der Schichtdicke, der Lage der Schicht (Shift), der kV-Zahl und des mAs-Produktes vorgenommen. Eine Übersicht über die fixen und die variierten Einstellwerte bei der Mittelgesichtszonographie mit dem Zonarc vermittelt Abbildung 3.4.

Die verwendeten Werte wurden in Tabellen erfaßt und den Röntgenbildern zugeordnet.



Variable Komponenten: Bei 4 Konstanten wurde jeweils die freie Variable verändert

Abb. 3.4

Darstellung der festen und veränderten Einstellwerte bei Mittelgesichtsaufnahmen mit dem Zonarc-System

3.2 Untersuchungen am halbierten Kopfpräparat

In den folgenden Untersuchungsgängen wurden unter analogen Bedingungen Röntgenaufnahmen an einem in der sagittalen Mittellinie halbierten, linksseitigen, menschlichen Kopfpräparat gemacht.

Die Fixierung des halbierten Kopfes erfolgte mit einer strahlendurchlässigen Pappnierschale und mit Klebeband (Abb. 3.5). Ansonsten war die Durchführung mit der unter Punkt 3.1 erläuterten völlig identisch. Lediglich die Anatomie des knöchernen Schädels und die Kopfweichteile erforderten wesentlich niedrigere Basiseinstellungen (55 kV, 160 mAs).



Abb. 3.5

Durch Nierenschale gehaltenes Halbschädel-Präparat während der Untersuchungen

Wie auch beim Ganzkopfpräparat wurden die Einstellwerte tabellarisch erfaßt und den entsprechenden Röntgenaufnahmen zugeordnet.

Als zusätzliche Variation wurden abschließend beim halbierten Kopf unterschiedlich strahlendurchlässige Fremdkörper in anatomisch präformierte Höhlen eingebracht, um diagnostische Aussagemöglichkeiten und Eindeutigkeit zu untersuchen.

4 Ergebnisse

4.1 Erzielte Einstellwerte am Ganzkopf-Präparat

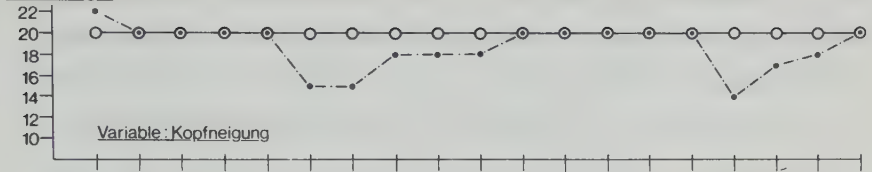
Bei dem für die Untersuchung verwendeten Ganzkopf-Präparat handelte es sich - sowohl in bezug auf den Schädel als auch auf die Gesichtsweichteile - um einen weit über dem mittlereuropäischen Durchschnitt liegenden, voluminösen Kopf (Abb. 3.3). Die Versuchsdurchführung wurde derart gestaltet, daß von den fünf Parametern kV-Zahl, mAs-Produkt, Shift, Kopfneigung und Schichtwahl jeweils vier konstant gehalten wurden, während der fünfte - innerhalb gewisser sinnvoller Grenzen - in seiner physikalischen Dimension verändert wurde (Abb. 3.4). Ziel war es, eine optimale Bildqualität zu erreichen, was einen größtmöglichen Kontrast bei diagnostisch auswertbarer Helligkeit bedeutet.

Ausgehend von Grundeinstellungswerten (85 kV, 500 mAs, 0° Kopfneigung, ±0 Shift, dicke Schicht), die von der Firma Palomex als Richtlinien für die im Versuch verwendete Kopfform und -größe empfohlen wurden, sind nacheinander jeweils die kV-Zahl, das mAs-Produkt, die Kopfneigung, die Lage der Schicht (Shift) und die Schichtdicke verändert worden. In Tabelle 4.1 sind diese Parameter und der Variationsmodus zusammengefaßt.

Kopfneigung (Grad)	-9; -5,4; -1,8; +1,8; +3,6; +9
Spannung (kV)	73; 81; 85; 90
mAs-Produkt	400; 500
Schichtdicke	dünn; dick
Shift	-20; -10; ±0; +10; +20; +30; +40

Tab. 4.1 Variationsmodus beim Ganzkopf-Präparat

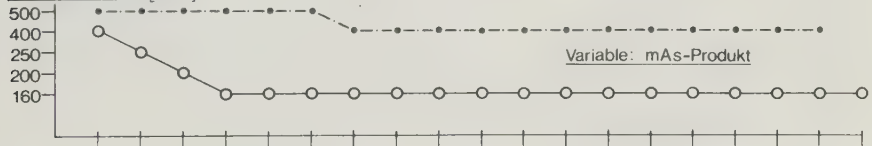
Umdrehungen



Spannung [kV]



Stromstärke * Zeit [mAs]



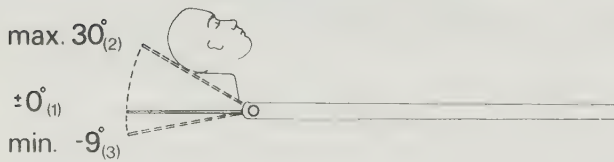
Schicht



• Ganzkopfpräparat ○ Halbkopfpräparat

Abb. 4.1 Graphische Darstellung der einzelnen Parameter sowie deren Variationen

Was die Kopfneigung betrifft - sie kann mittels einer Handkurbel an der Kopfstütze verändert werden - mußte in jedem Fall berücksichtigt werden, daß durch die Lichtlinien die Referenzebenen (Frankfurter Horizontale, Aurikular-Ebene, Mediane) in vorgegebener Weise auf den Kopf projiziert werden. Als hierfür geeignete Kopfstützenneigung erwies sich ein Winkel zwischen $-1,8^{\circ}$ und $-5,4^{\circ}$ in bezug auf die Horizontale. Eine Umrechnung der Handkurbelumdrehungen in das Gradmaß ermöglicht Abbildung 4.2. Um verschiedene Projektionswinkel des Zentralstrahles auf das Kopfpräparat zu erhalten und beurteilen zu können, wurde die Kopfneigung zwischen -9° und $+9^{\circ}$ variiert.

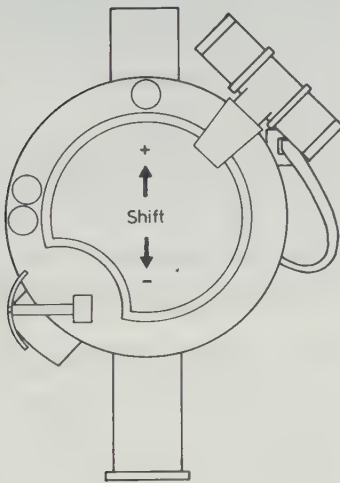


- 1) Ausgangsstellung
- 2) $30^{\circ} \triangleq 17$ Umdrehungen
- 3) $9^{\circ} \triangleq 5$ Umdrehungen

Abb. 4.2

Einstellung der Kopfneigung durch Kopfstützenverstellung

Die Tiefenlage der Bildschicht in vertikaler Richtung kann durch die Shift-Einstellung festgelegt werden. Abbildung 4.3 verdeutlicht dieses Schichtwahl-Prinzip. Beim Ganzkopf-Präparat wurden Aufnahmen mit einer Bildschichtverschiebung zwischen +40 und -20 (was Verschiebung der Bildschicht in mm von der Normallage bedeutet) angefertigt.



Schichtwahl - Prinzip (Shift)

Abb. 4.3

Schichtwahl-Prinzip
(Shift)

Besondere anatomische Kopfvarianten, vor allem ein voluminöser, breiter Kopf, wie das in der Untersuchung verwendete Präparat, erfordern bei entsprechender Fragestellung die Anfertigung von Aufnahmen in zwei verschiedenen Schichttiefen (z. B. 0 und -20),

um mit Sicherheit die Gesichtsstruktur röntgenologisch abzudecken.

Die Variationsmöglichkeiten und -notwendigkeiten bezüglich der angelegten Spannung waren nicht besonders umfangreich. Sinnvolle Veränderungen der Spannung lagen beim Ganzkopf-Präparat zwischen 77 kV und 90 kV. Höhere kV-Werte ergaben zu intensive Filmschwärzungen.

In Vorversuchen konnte abgeklärt werden, daß beim Ganzkopf-Präparat für das Produkt aus Stromstärke und Zeit keine anderen Einstellwerte als 400 und 500 mAs für eine akzeptable Bildqualität in Frage kamen. An der Aufnahmezeit (13,5 sec) konnte nichts verändert werden.

Die Dicke der Bildschicht läßt sich durch Änderung der Breite des Strahles auf zwei Schichtdicken (28 und 14 mm) einstellen. Üblicherweise kam die dicke Schicht zur Anwendung. Lediglich spezielle Fragestellungen mit der Notwendigkeit maximaler Auflösung erfordern die Einstellung der dünnen Schicht, z. B. Tumoren im Bereich des Mittelgesichtes oder die Kiefergelenk-Darstellung im JLA-Programm der Zonographie. Bei der vorliegenden Untersuchung war eine spezielle Notwendigkeit für die dünne Schicht nicht zwingend gegeben, sie wurde aber zu Vergleichszwecken trotzdem angefertigt.

Unter Berücksichtigung all dieser Gesichtspunkte entstand folgende Röntgenaufnahme des Ganzkopf-Präparates (Abb. 4.4).

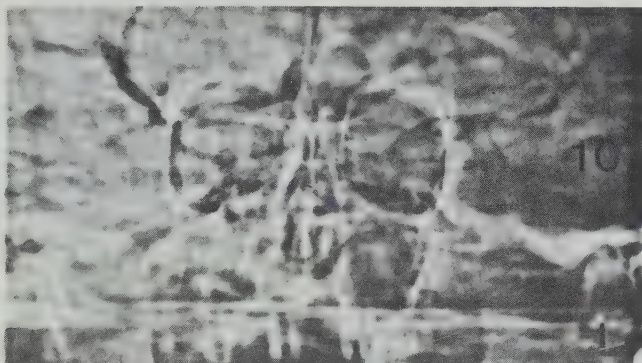


Abb. 4.4

Zonographische Mittelgesichtsaufnahme

(81 kV, 400 mAs, -10 Shift, $-1,8^{\circ}$ Kopfneigung, dicke Schicht)

4.2 Ergebnisse am Halbkopf-Präparat

In gleicher Weise wurden beim Halbkopf-Präparat die kV-Zahl, das mAs-Produkt, der Shift und die Schichtdicke mit dem Ziel, ein qualitativ einwandfreies und diagnostisch auswertbares Röntgenbild anzufertigen, verändert.

Die Fixierung des Halbkopf-Präparates erwies sich als etwas schwierig, wurde aber letztendlich mit Klebeband und Pappnie-
renschale - beide gut strahlendurchlässig - zufriedenstellend
gelöst. Aus diesem Grunde wurde allerdings, ausgehend von ei-
ner Kopfstützenneigung von $-5,4^{\circ}$, auf eine Veränderung der
Kopfneigung beim Halbkopf-Präparat verzichtet, um eine unver-
änderte Grundposition des Präparates bei allen weiteren Ver-
suchsvariationen gewährleisten zu können.

Nachdem auch für die Versuchsreihe am Halbkopf-Präparat in Vorversuchen die Grenzen sinnvoller Parameterveränderungen und -kombinationen abgesteckt worden waren, entstand bei der Einstellung einer Spannung von 63 kV, eines mAs-Produktes von 160, eines Shifts von -10 und der dünnen Schicht folgendes Röntgenbild.



Abb. 4.5

Zonographische Mittelgesichtsaufnahme

(63 kV, 160 mAs, -10 Shift, $-5,4^{\circ}$ Kopfneigung, dünne Schicht)

Tabelle 4.2 enthält die Parameter sowie den Variationsmodus, während dies in Abbildung 3.4 graphisch dargestellt ist.

Kopfneigung (Grad)	-5,4 (nicht verändert)
Spannung (kV)	50; 55; 60; 63; 66; 70; 73; 77
mAs-Produkt	160; 200; 250; 400
Schichtdicke	dünn; dick
Shift	-20; -10; +0

Tab. 4.2

Variationsmodus beim Halbkopf-Präparat

4.2.1 Überlagerungsdarstellung der bildgebenden Kopfhälfte auf die Gegenseite des Filmes

Bei jeder durch Rotation von Röhre und Film um das Objekt entstehenden Schichtabbildung kommt es zwangsläufig zu Einblendungen von Strukturen der nicht interessierenden Objekthälfte zur scharf dargestellten Seite. Die vorliegenden Untersuchungen, insbesondere die, bei denen Fremdkörper implantiert waren, zeigten aber, daß die Überlagerungserscheinung der jeweiligen Gegenseite zwar vorhanden, aber derartig unscharf und verwaschen abgebildet waren, daß eine Bildbeeinträchtigung nicht entstand.

Selbstverständlich ist bei der Anfertigung bogenförmiger Schichtaufnahmen die Kenntnis derartiger - als Artefakt anzusehender - Strukturen für eine erfolgversprechende Diagnostik vorauszusetzen.

4.2.2 Darstellung der verschiedenen inkorporierten Fremdkörper

Das artifizielle Einbringen von Fremdkörpern in das Halbkopf-Präparat erfolgte unter zwei verschiedenen Aspekten. Zum einen konnte damit der Nachweis erbracht werden, daß sich Strukturen der bildgebenden Kopfhälfte nicht auf die Gegenseite des Filmes projizieren ohne als "Artefakte" erkannt werden zu können. Zum anderen sollte untersucht werden, ob diverse Fremdkörper im Bereich des Mittelgesichtes bei entsprechenden zonographischen Aufnahmen (MT-Programm) eindeutig zur Darstellung kommen

und lokalisiert werden können. Inkorporiert wurden hierzu Fremdkörper sehr unterschiedlicher Strahlenabsorption, mit denen der Radiologe und der Kieferchirurg in der Traumatologie häufig konfrontiert wird: ein kurzer Metallstreifen (4 mm x 5 mm x 0,5 mm) und ein kleines Stück Glas (5 mm lang, oval). Bei sämtlichen Aufnahmen zur Untersuchung "Fremdkörper" blieben die technischen Einstellwerte unverändert (55 kV, 160 mAs, -10 Shift, $-5,4^{\circ}$ Kopfneigung, dicke Schicht). Abbildung 4.6 zeigt die deutliche Darstellung des Metallbandes (Pfeil) im oberen, lateralen Drittel der linken Stirnhöhle.

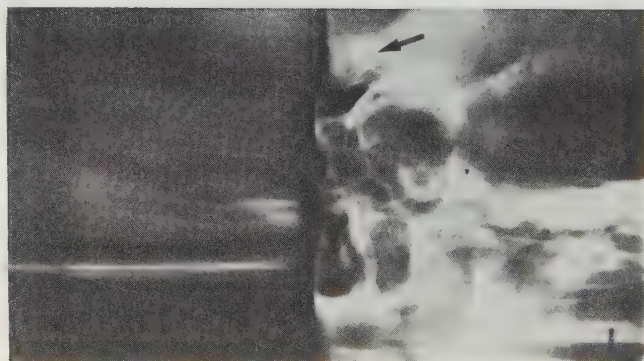


Abb. 4.6

Zonographische Mittelgesichtsaufnahme mit Fremdkörper
(55 kV, 160 mAs, -10 Shift, dicke Schicht)

In Abbildung 4.7 ist derselbe metallische Gegenstand im Bereich der linken Orbita zu erkennen (Pfeil).

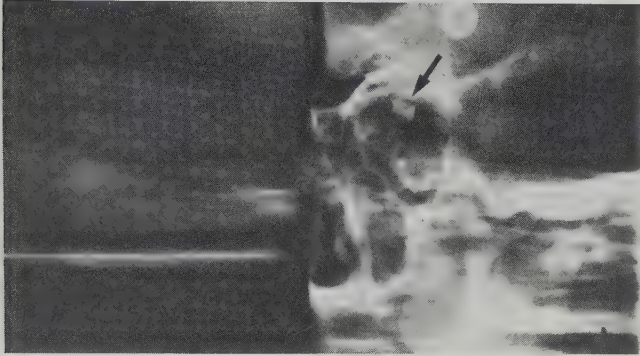


Abb. 4.7

Zonographische Mittelgesichtsaufnahme mit Fremdkörper
(55 kV, 160 mAs, -10 Shift, dicke Schicht)

Abbildung 4.8 enthält als inkorporierte Fremdkörper im linken dorsalen Nasenraum den Metallstreifen. Ein Gegenstand mit wesentlich geringerer Strahlenabsorption, ein Glasstück, ist in der Mitte der linken Orbita eindeutig zu diagnostizieren (Pfeile).



Abb. 4.8

Zonographische Mittelgesichtsaufnahme mit Fremdkörpern
(55 kV, 160 mAs, -10 Shift, dicke Schicht)

Zur Thematik der exakten Lokalisation von Cysten, Osteopathien, Fremdkörpern u. ä. in der Mittelgesichtsregion bleibt anzumerken, daß die zonographische Schichtuntersuchung die Anfertigung weiterer Aufnahmen in abgeänderter Schichttiefe (Shift) ermöglicht, je nachdem wo ein Gebilde vermutet wird. Dies kann in manchen Fällen schon für eine genaue Lagebestimmung reichen, die Lokalisationsmethode, bei der bei unsicheren Röntgenbefunden zwei Aufnahmen in möglichst zueinander senkrechter Position angefertigt werden, wird dadurch mit Sicherheit nicht ersetzt werden können.

Für eine gezielte Fremdkörpersuche mit der zonographischen Schichtaufnahmetechnik können folgende Einstellungsempfehlungen gegeben werden.

1. Einstellwerte entsprechend den anatomischen Gegebenheiten
2. Beim Einzelfremdkörper (z. B. Projektil) Dickschichtaufnahme mit Shift -10 und Kopfneigung $-5,4^{\circ}$ bis $-1,8^{\circ}$; anschließend Röntgenaufnahme in zweiter Ebene
3. Bei multiplen Fremdkörpern (z. B. Glassplitter) zwei Dickschichtdarstellungen mit Shift -20/10 und Kopfneigung $-5,4^{\circ}$ bis $-1,8^{\circ}$; bei Bedarf gezielte Dünnschichtaufnahmen bzw. Darstellung in zweiter Ebene

Tab. 4.3

Einstellungsempfehlungen bei Fremdkörpersuche

4.3 Empfehlungen zu Einstellwerten bei anatomischen Kopfvarianten

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, an abgetrennten Kopfpräparaten detaillierte, diffizile Einstellungen vorzunehmen und diese zu dokumentieren, um Richtlinien für Schichtwahl und Einstellung bei der Mittelgesichtszonographie zu definieren.

Die Ergebnisse dieser Einstellungsübungen sind in Abbildung 4.9 in Form von Einstellungsempfehlungen dargelegt.

**Zonographische Einstellungsempfehlungen
für Mittelgesichtsaufnahmen**

	kurzer, schmaler Kopf <	» STANDARD «	> langer, breiter Kopf
			
kV	↓ (bis 55)	73 77 81	↑ (bis 90)
mAs	↓ (bis 160)	400	↑ (bis 500)
Shift	-10	-10	-10 (event. 0 u. -20)
Schichtwahl	üblicherweise dicke Schicht; bei speziellen Fragestellungen mit der Notwendigkeit maximaler Auflösung: dünne Schicht		
Kopfneigung	entsprechend der vorgegebenen Lichtlinienprojektion (üblicherweise -5,4°)		

Abb. 4.9

Zonographische Einstellungsempfehlungen für Mittelgesichtsaufnahmen

Während sich in Abbildung 4.9 die Empfehlungen der Spalte "STANDARD" auf Größe und Form des mitteleuropäischen Durchschnittskopfes beziehen, sollen zusätzlich Einstellungsricht-

linien bei anatomischen Kopfvarianten angegeben werden. Daß zu diesen Über- und Untergrößen des Kopfes nur sinnvolle Grenzwerte angegeben werden, soll den Hinweis verstärken, daß hierzu keineswegs starre Gruppen eingeteilt werden können und sollen, sondern daß die Übergänge fließend sind.

Bei einem kurzen, schmalen Kopf ist ein Absenken der Spannung und des mAs-Produktes nötig. Niedrigere Einstellwerte als 55 kV und 160 mAs hatten in der Regel zu helle Röntgenbilder zur Folge, die Erhöhung der Spannung über 90 kV und des mAs-Produktes über 500 - soweit technisch überhaupt möglich - ergaben auch bei dem voluminösen Kopf zu dunkle Aufnahmen. Der Qualitätsanspruch an die angefertigten Bilder hingegen war ein größtmöglicher Kontrast bei diagnostisch akzeptabler Helligkeit.

Hinsichtlich der Shift-Variation bei breiten, voluminösen Kopfvarianten sei auf Punkt 5.3 verwiesen, Vergleichsbetrachtungen zur Dünn- und Dickschichtwahl sind unter Punkt 5.2 angestellt.

5 Diskussion und Schlußfolgerungen

5.1 Vergleich herkömmlicher Röntgentechniken des Mittelgesichtes mit der Zonographie (MT-Programm)

Die bislang angewandte Röntgentechnik bei der Darstellung des Mittelgesichtes, der Sinus frontales, der Sinus maxillares und der Orbitae war im Regelfall die okzipito-mentale oder Nasennebenhöhlen-Einstellung. Neben der gleichen Indikation beim MT-Programm der Zonographie gibt es zwischen diesen genannten Röntgentechniken einige grundlegende Unterschiede: bei der o-m-/NNH-Aufnahmetechnik handelt es sich um eine Gewebssumma-tionsaufnahme, d. h., die in der Verlaufsrichtung des Strahles hintereinander liegenden Objektpunkte werden ineinander projiziert, wobei morphologische Details in bestimmten Schichttiefen unter Umständen nicht oder nicht mehr deutlich zur Darstellung kommen. Beim Schichtaufnahmeverfahren der Zonographie werden Details einer (meist wählbaren) Schichttiefe jeweils auf derselben Stelle auf dem Film scharf und überlagerungsfrei abgebildet. Punkte außerhalb der Schichtebene werden an verschiedenen Orten auf dem Film abgebildet und so im Kontrast wesentlich herabgesetzt, unterbelichtet sowie verwischt.

Weitere typische Merkmale dieser beiden Mittelgesichts-darstellungen können der Gegenüberstellung in den Tabellen 5.1 und 5.2 entnommen werden.

Ein schematischer Vergleich der o-m-/NNH-Einstellung und der zonographischen Mittelgesichtseinstellung ist in Abbildung 5.1 dargestellt.

Merkmale der o-m-/NNH-Aufnahme:

1. Gewebssummaufnahme
2. Patientenmund während der Aufnahme weit offen
3. Patient sitzt üblicherweise während der Aufnahme
4. Zentralstrahl hat einen Projektionswinkel von 10° in kaudaler Richtung
5. Die Strahlenexposition ist größer als bei der Mittelgesichtszonographie

Tab. 5.1

Merkmale der okzipito-mental-/Nasennebenhöhlen-Aufnahme

Merkmale der Mittelgesichtszonographie (MT-Programm):

1. Gewebsschichtaufnahme
2. Patientenmund während der Aufnahme geschlossen
3. Zonogramme werden prinzipiell im Liegen angefertigt
4. Zentralstrahl ändert während des Umlaufs die Richtung
5. Die Strahlenexposition ist geringer als bei der o-m-/NNH-Aufnahme

Tab. 5.2

Merkmale der Mittelgesichtszonographie (MT-Programm)

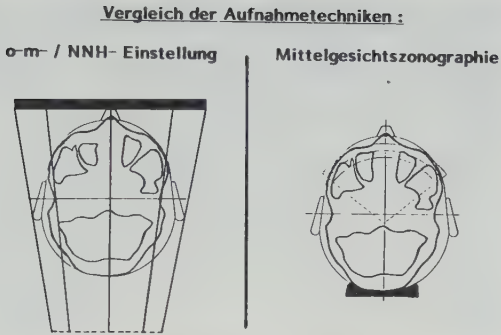


Abb. 5.1

Vergleich der Aufnahmetechniken o-m-/NNH-Einstellung und Mittelgesichtszonographie

5.2 Vergleichsbetrachtungen zur zonographischen Dünn- und Dickschichtwahl

Abgesehen von besonderen Fragestellungen, für die eine maximale Auflösung erforderlich ist, wird für zonographische Mittelgesichtsaufnahmen die dicke Schicht gewählt. Eine spezielle Indikation zur Anwendung der dünnen Schicht war bei der vorliegenden Untersuchung nicht angezeigt.

Der Gerätehersteller empfiehlt die Anwendung der dünnen Schicht für Spezialzwecke wie Tumoren im Bereich des Mittelgesichtes (MT-Programm) sowie für eine bessere Darstellung der Kieferge-

lenke (JLA-Programm) und des Mittel- und Innenohres (AUD-Programm).

Als Ergebnis der Dünn- und Dickschichtuntersuchungen am Ganzkopf-Präparat sei auf die Notwendigkeit verwiesen, daß bei Einblendung der dünnen Schicht die kV-Zahl um ein bis zwei Einstellstufen gesenkt werden sollte, da die Dicke der darzustellenden Schicht statt 28 nur mehr 14 mm beträgt.

In Abbildung 5.2 und 5.3 sind die (nahezu identischen) Dünn- und Dickschichtaufnahmen des Ganzkopf-Präparates gegenübergestellt.

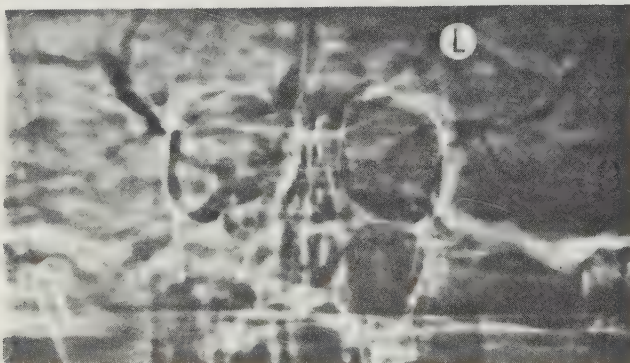


Abb. 5.2

Zonographische Mittelgesichtsaufnahme

(73 kV, 400 mAs, -10 Shift, $-1,8^{\circ}$ Kopfneigung - dünne Schicht)

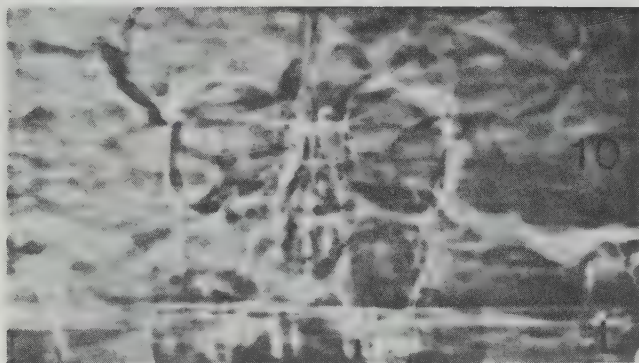


Abb. 5.3

Zonographische Mittelgesichtsaufnahme

(81 kV, 400 mAs, -10 Shift, $-1,8^{\circ}$ Kopfneigung - dicke Schicht)

5.3 Schichtvariation und Kopfgröße

Neben einer für jedes Programm festgelegten Standardlage kann eine vertikale Verschiebung der Bildschicht nach oben und nach unten anhand der Shift-Einstellung vorgenommen werden.

Normalerweise ist für zahnärztliche Belange ein Shift von -10 ausreichend. Ein hoher, voluminöser Kopf kann allerdings die Anfertigung von zwei Aufnahmen (z. B. mit Shift 0 und -20) erfordern, um mit Sicherheit die gesamte Gesichtsstruktur abzudecken. Eine fundierte, dreidimensionale Anatomiekenntnis des Gesichtsschädels ist für das Röntgenpersonal zu einer gezielten Shiftwahl unerlässlich. Berücksichtigt werden muß bei der Shiftwahl, daß bei Einstellung der dicken Schicht eine geringe

Shift bis 6 mm keine sichtbare Auswirkung auf der Aufnahme hat. Außerdem darf keinesfalls außer acht gelassen werden, daß bei einem Shift etwa ab -20 durch das vertikale Absenken der Rotationseinheit die Gefahr einer Berührung der Kassette mit dem Patientenkopf besteht, was den sofortigen Stillstand des gesamten Bewegungsablaufes zur Folge hat. Im Zweifelsfall muß immer ein Testlauf ohne Strahlung durchgeführt werden.

In bezug auf kleine, grazile Kopfgrößen ist eine Shiftvariation selten nötig.

Die Abbildungen 5.4 und 5.5 sind identische Röntgenaufnahmen des Ganzkopf-Präparates lediglich mit Shiftveränderung (-10 und -20). Sie sollen auf die Notwendigkeit einer Shiftvariation gerade bei Übergrößen des Kopfes hinweisen.

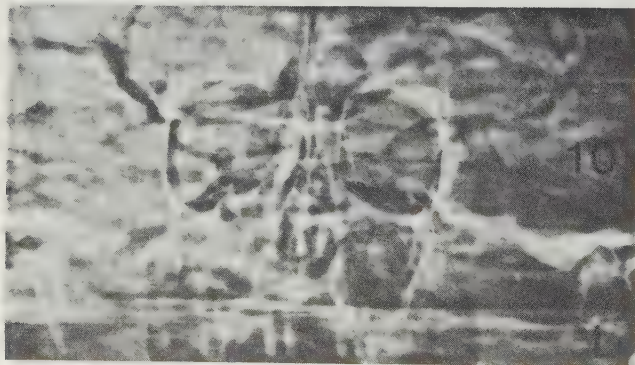


Abb. 5.4

Zonographische Mittelgesichtsaufnahme

(81 kV, 400 mAs, -10 Shift, $-1,8^{\circ}$ Kopfneigung, dicke Schicht)

Während in Abbildung 5.4 keine sichere Aussage im Sinne einer exakten Frakturdiagnostik möglich ist, liefert die um 10 mm tiefer liegende Schicht (Abb. 5.5) den Nachweis für eine Fraktur der linken, lateralen Orbitawand (Pfeil).

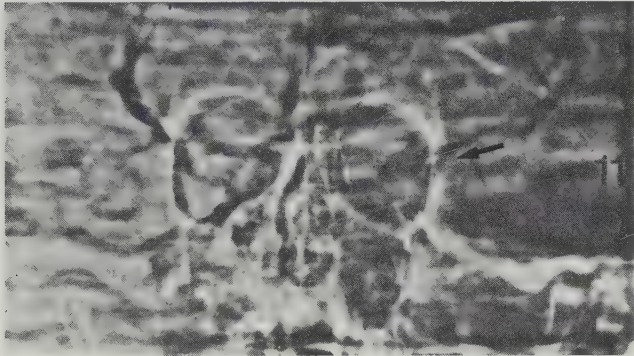


Abb. 5.5

Zonographische Mittelgesichtsaufnahme

(81 kV, 400 mAs, -20 Shift, $-1,8^{\circ}$ Kopfneigung, dicke Schicht)

5.4 Patientenpositionierung

Nicht nur in bezug auf die einzustellenden Werte, auch hinsichtlich der Patientenpositionierung ist eine gründliche Ausbildung des Röntgenpersonals unbedingt erforderlich. Die exakte Projektion sämtlicher Lichtlinien auf die Referenzebenen, einschließlich eines eventuellen Testlaufs und erneuter Kontrolle der Lichtlinienprojektion, erwies sich in der Untersuchung als relativ diffizil und vor allem zeitaufwendig.

Zuletzt bleibt noch abzuwarten, wie ein (unter Umständen im Kopfbereich traumatisierter) Patient die Fixierung des Kopfes mit einem Klettverschluß-Band und den geräuschintensiven Bewegungsablauf von Rotationseinheit, Röntgenröhre und Kassette in unmittelbarer Nähe des Kopfes tolerieren wird.

6 Zusammenfassung

Im März und April 1985 wurden unter Zuhilfenahme eines Ganzkopf- und eines Halbkopf-Präparates zonographische Schichtuntersuchungen des Mittelgesichtes durchgeführt. Verwendet wurde hierzu das Röntgengerät Zonarc der finnischen Firma Palomex.

Bei den Untersuchungen wurden als Parameter die kV-Zahl, das mAs-Produkt, die Kopfneigung, der Shift und die Schichtdicke gewählt. Vier dieser Parameter blieben konstant, während jeweils der fünfte in seiner physikalischen Dimension verändert wurde. Vorversuche zeigten bereits auf, in welchen Grenzen eine sinnvolle Variation und Kombination dieser Parameter zu erfolgen hat.

Um anatomisch bedeutende Grenzwerte in die Untersuchung einzubeziehen, waren die beiden Kopfpräparate bereits vor Versuchsbeginn dahingehend ausgewählt worden, daß das Ganzkopf-Präparat voluminöser als der mitteleuropäische Durchschnittskopf, das Halbkopf-Präparat hingegen graziler war.

Die Untersuchungen zeigten, daß - Normmaße eines Erwachsenen oder Jugendlichen vorausgesetzt - die einzustellenden Werte bei der zonographischen Mittelgesichtsdarstellung in bezug auf die kV-Zahl zwischen 73 und 81 zu liegen haben. Die besten Ergebnisse ergaben sich bei einem mAs-Produkt von 400, der Shift wurde üblicherweise mit -10 gewählt. Die Kopfneigung sollte derart eingestellt werden, daß sich die Lichtlinien entsprechend der Hersteller-Anleitung auf die Referenzebenen projizieren. Ein Kopfstützenneigung von $-5,4^{\circ}$ gegenüber der Horizontalen.

len hat sich im Laufe der Untersuchung als am geeignetsten erwiesen. Bei der Schichtwahl wurde normalerweise die dicke Schicht angewendet. Nur bei speziellen Fragestellungen, für die eine maximale Auflösung erforderlich ist, war die Umstellung auf die dünne Schicht angezeigt, wobei die kV-Zahl erniedrigt wurde. Alle verwendeten Werte wurden in Diagrammen erfaßt und den Röntgenbildern zugeordnet.

In gleicher Weise wurden die Untersuchungen am Halbkopf-Präparat durchgeführt. Zusätzlich inkorporierte Fremdkörper unterschiedlicher Strahlenabsorption (Glas, Metall) kamen in Stirn- und Kieferhöhlen eindeutig und deutlich erkennbar zur Darstellung und lieferten den Nachweis für die diagnostische Brauchbarkeit der Zonographie in der Mittelgesichts-Traumatologie. Die Vermutung, daß sich bei der Mittelgesichts-Zonographie Gebilde der bildgebenden Kopfhälfte auf der Gegenseite des Filmes darstellen ohne als "Artefakte" dieser Aufnahmetechnik erkannt werden zu können, wurde widerlegt.

Ein weiteres Ziel der Untersuchung war, sinnvolle Einstellungsgrenzwerte bei anatomischen Kopfvarianten zu erarbeiten. Eine Erniedrigung der Spannung unter 55 kV bzw. des mAs-Produktes unter 160 ergab selbst bei einem außerordentlich grazilen Kopf keine verwendbare Bildqualität mehr, ebensowenig wie die Erhöhung derselben Parameter über 90 kV und 500 mAs bei einem äußerst voluminösen Kopf.

Als Ergebnis der vorliegenden Untersuchung werden Einstellungsempfehlungen für zonographische Mittelgesichtsaufnahmen darge-

legt, mit denen sowohl durchschnittliche Kopfgrößen als auch - durch Verfeinerung des Computer-Programms - Über- und Untergrößen des Kopfes röntgenologisch so erfaßt werden können, daß Bilder optimaler Qualität entstehen.

Literaturverzeichnis

1. ALTONEN, M.
HEIKKILÄ, M.
MATTILA, K. A Comparative Study of Radiation
Doses Received During Examinations
with the Pantomograph, Orthopanto-
mograph, Panorex, Status X and Con-
ventional Roentgen Apparatus. Proc.
Finn. Dent. Soc. 70, 67 (1974)
2. ALTONEN, M. Pantomographic Examinations of
the Bones and Fractures in the
Middle Third of the Facial Scele-
ton. Acta Odont. Scand. 30, 61
(1972)
3. BARIATTI, M. Panoramic Radiography of the
Temporomandibular Joint by Zono-
graphy. Giornale di Stomatologia e
di Ortognatodonzia, 25 (1982)
4. Bedienungsanleitung Zonarc
No. ZO 4Y 86950-1
5. BIEDERMANN, K.
u. a. Über Kontrastbegriffe in der Radio-
logie und ihre Definitionen. Rö-Bl.,
20. Jahrgang, 3/67
6. BRANDT, G.-A. Altes und Neues über Röntgenver-
stärkerfolien. Rad. diagn. 18,
437 (1977)
7. CHARLTON, O. B.
DAFFNER, R. H.
GEHWEILER, J. A.
MARTINEZ, S.
PUTMAN, C. E. Panoramic Zonography of Fractures
of the Facial Sceleton. AJR 137,
109 (1981)

8. CHIESA, A.
FLORIO, F. Panoramic Zonography of the Facial Skeleton. 89 (1983)

9. DOLAN, D. K.
JACOBY, C. G. Facial Fractures. Seminars in Roentgenology Vol. XIII No. 1, 37 (1978)

10. GREENBAUM, E. I.
RAPPAPORT, I.
GUNN, W. The Use of Panoramic Radiography in Detection of Posterior Wall Invasion by Maxillary Antrum Carcinoma. Laryngoscope 72, 256 (1969)

11. HALLIKAINEN, D.
SJÖBLOM, C. J.
TÖTTERMAN, S.
MELARTIN, E.
PAUKKU, P. Panoramic Zonography in Ear Radiography. Europ. J. Radiol. 3, 173 (1983)

12. HALLIKAINEN, D.
PAUKKU, P.
TÖTTERMAN, S. Guide to Panoramic Zonography. 48 (1984)

13. KNEDEL, H.
WEBERLING, R.
HAGEMANN, G. Signal-Rausch-Verhältnis, Auflösung und Dosisbedarf zum Qualitätsvergleich neuer Verstärkerfolien in der klinischen Radiologie. Röntgenpraxis 34, 168 (1981)

14. KRAFT, A.
NAHRSTEDT, U.
WIDENMANN, L. Untersuchungen an neuartigen Verstärkerfolien für die Röntgendiagnostik. Röntgenpraxis 28, 264 (1975)

15. MATTILA, K.
WOLF, J.
KOZELTSEV, A. L.
HIETANEN, J. Panoramic Tomography in Arteriography of the Maxillofacial Region. Dentomaxillofac. Radiol. 10, 53 (1981)

16. MOILANEN, A. Experiment with Supine Panoramic X-ray Equipment in the Diagnosis of Maxillofacial Fractures. Röntgen-Bl. 33, 588 (1980)
17. MOILANEN, A. Panoramic Orthopantomography for Patients with Multiple Injuries. Röntgen-Bl. 32, 274 (1979)
18. MOILANEN, A. Panoramic Zonography in the Radiographic Diagnosis of Facial and Related Structures. A Clinical Study. Röntgen-Bl. 37, 95 (1984)
19. OHBA, T.
KATAYAMA, H. Comparison of Panoramic Radiography and Water's Project in the Diagnosis of Maxillary Sinus Disease. Oral Surg. 42, 534 (1976)
20. OHBA, T. Value and Limitation of Panoramic Radiography in the Diagnosis of Maxillary Sinus Pathosis. Int. J. Oral Surg. 6, 211 (1977)
21. PASLER, A. F. Zahnärztliche Radiologie. Georg-Thieme-Verlag, Stuttgart-New York (1981)
22. PAUKKU, P.
TÖTTERMAN, S.
HALLIKAINEN, D.
KINNUNEN, J.
GÖTHLIN, J. Comparison of the Visibility of the Anatomical Structures of the Facial Skeleton in Panoramic Zonography and Linear Tomography. Europ. J. Radiol. 3, 177 (1983)

23. PAUKKU, P.
GÖTHLIN, J.
TÖTTERMAN, S.
SERVOMAA, A.
HALLIKAINEN, D. Radiation Doses during Panoramic
Zonography, Linear Tomography and
Plain Film Radiography of Maxillo-
Facial Sceleton. Europ. J. Radiol.
3, 239 (1983)
24. SCHOBER, H. Allgemeine physiologische Grund-
regeln für die Detailwahrnehmung
im Röntgenbild. in: Bildgüte in
der Radiologie, herausgeg. von
F. E. Stieve. G. Fischer Verlag,
Stuttgart (1966)
25. SCHÖN, F. Was sollte der zahnärztliche Prak-
tiker von der Entwicklung der Rönt-
gendiagnostik wissen? (I) in: Die
Quintessenz 11, 1 (1984)
26. SCHÜTZ, H.-J. Bildkontrast bei verschiedenen
Kassetten-Folien-Film-Kombinationen.
Inaug.-Dissertation (1984)
27. SONNABEND, E. Strahlenschutz in der zahnärztli-
chen Röntgenologie. Quint. zahn-
ärztl. Lit. 5, 109 (1974)
28. STENDER, H.-ST. Zur praktischen Qualitätssicherung
in der Röntgendiagnostik. Röntgen-
Bl. 33, 618 (1980)
29. TÖTTERMAN, S.
HALLIKAINEN, D.
PAUKKU, P. Panoramic Zonography in Radiogra-
phing the Carpus. Europ. J. Radiol.
4, 82 (1984)

30. VON RECKOW, J. F. Meilensteine der zahnärztlichen
Röntgenologie. Dtsch. zahnärztl.
Zeit. 14, 1159 (1959)
31. ZILKHA, A. Computed Tomography in Facial
Trauma. Radiology 144, 545 (1982)

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Dr. H. GRASSER für die freundliche Überlassung des Themas danken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Dr. H.-H. BARTH für die intensive Unterstützung bei der Erarbeitung des Konzepts und für die zuvorkommende Beratung bei der Gestaltung der Arbeit.

Lebenslauf

06.02.1959	Geburt in Haidmühle/Niederbayern
1965 - 1970	Besuch der Grundschule Altreichenau
1970 - 1979	Besuch des Johannes-Gutenberg-Gymnasiums in Waldkirchen
28.06.1979	Abschluß der Abiturprüfung
1979 - 1980	Ableistung des 15monatigen Grundwehrdienstes
1980 - 1981	Studium der Psychologie an der Universität Regensburg
01.10.1981	Studium der Zahnheilkunde an der LMU München
Oktober 1982	Naturwissenschaftliche Vorprüfung an der LMU München
April 1984	Zahnärztliche Vorprüfung an der LMU München
Aug. 1986 - Jan. 1987	Zahnärztliche Prüfung an der LMU München

